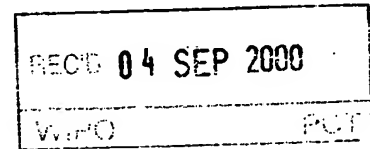


BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

E4

PRIORITY DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



DE 00 / 2117

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Handwritten signature/initials

10/030340

Aktenzeichen: 199 31 331.8

Anmeldetag: 07. Juli 1999

Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft,
München/DE

Bezeichnung: Verfahren und Einrichtung zum Herstellen eines
Stranges aus Metall

IPC: B 22 D 11/22

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 03. August 2000
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Handwritten signature: Filler

Seller

Beschreibung

Verfahren und Einrichtung zum Herstellen eines Stranges aus Metall

5

Die Erfindung betrifft Verfahren und eine Einrichtung zum Herstellen eines Stranges aus Metall mittels einer Stranggießanlage, die zumindest eine Kühleinrichtung zur Kühlung des Stranges aufweist, wobei der Kühleinrichtung zumindest
10 ein Reduktionsgerüst zur Dickenreduktion des Stranges zugeordnet ist, wobei der Strang bei der Dickenreduktion eine erstarrte Hülle und einen flüssigen Kern aufweist.

15

Zum Herstellen von Strängen ist es bekannt, einer Stranggießanlage ein Reduktionsgerüst nach- oder zuzuordnen. Dabei wird eine besonders große Dickenreduktion dann erreicht, wenn der Strang beim Einlaufen in das Reduktionsgerüst einen noch flüssigen Kern aufweist. Bei diesem Verfahren, das als sogenannte Soft-Reduction bekannt ist, ist es wichtig, daß der
20 flüssige Kern groß genug ist, um die notwendige Dickenreduktion des Stranges zu gewährleisten, jedoch auch nicht so groß ist, daß es zu einem Strangdurchbruch und Austritt von flüssigem Metall kommt. Zum Erreichen der notwendigen Abmessung des flüssigen Kerns bei Erreichen des Reduktionsgerüsts wird der Strang mittels einer Kühleinrichtung gekühlt, wobei die notwendige Kühlung von einem Bediener nach dessen Abschätzung der Abmessung des flüssigen Kerns eingestellt wird.

30

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren sowie eine Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens anzugeben, das eine gegenüber dem Stand der Technik verbesserte Soft-Reduction, insbesondere auch bei variierender Stranggeschwindigkeit, erlaubt.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 bzw. eine Einrichtung gemäß Anspruch 10 gelöst. Dabei ist zum Herstellen eines Stranges aus Metall mittels einer Stranggießanlage, die zumindest eine Kühleinrichtung zur Kühlung des Stranges aufweist, der Kühleinrichtung zumindest ein Reduktionsgerüst zur Dickenreduktion des Stranges nachgeordnet, wobei der Strang bei der Dickenreduktion eine erstarrte Hülle und einen flüssigen Kern ausweist, und wobei die Kühlung mittels eines Temperatur- und Erstarrungsmodells derart, insbesondere automatisch, eingestellt wird, daß die Erstarrungsgrenze zwischen der erstarrten Hülle und dem flüssigen Kern bei Einlauf des Stranges in das Reduktionsgerüst einer vorgegebenen Soll-Erstarrungsgrenze zwischen der erstarrten Hülle und dem flüssigen Kern entspricht. Auf diese Weise wird eine besonders gute Soft-Reduction erreicht. Reduktionsgerüste im Sinne der Erfindung können dabei neben einfachen Walzgerüsten komplexe Walzgerüste sein, mittels denen dem Strang eine bestimmte Geometrie eingewalzt wird. Das Temperatur- und Erstarrungsmodell kann beispielsweise ein analytisches Modell, ein neuronales Netz oder eine Kombination aus analytischem Modell und neuronalem Netz sein.

Das Temperatur- und Erstarrungsmodell setzt vorteilhafterweise die Kühlung des Stranges und die Erstarrungsgrenze zwischen der erstarrten Hülle und dem flüssigen Kern in Beziehung. Eine derartige Ausgestaltung der Erfindung ist von besonderem Vorteil, da das Temperatur- und Erstarrungsmodell die Erstarrungsgrenze zwischen der erstarrten Hülle und dem flüssigen Kern in Abhängigkeit von der Kühlmenge die Ursache Wirkung-Beziehung zwischen Kühlung und die Erstarrungsgrenze zwischen der erstarrten Hülle und dem flüssigen Kern abbildet.

In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung wird mit dem Temperatur- und Erstarrungsmodell die Erstarrungsgrenze zwischen der erstarrten Hülle und dem flüssigen Kern in Abhängigkeit von der Kühlung des Stranges, insbesondere in Echt-

zeit und ständig, ermittelt und die notwendige Kühlung des Stranges auf iterative Weise in Abhängigkeit der vorgegebenen Soll-Erstarrungsgrenze zwischen der erstarrten Hülle und dem flüssigen Kern bestimmt, wobei so oft iteriert wird, bis die
5 Abweichung der mit dem Temperatur- und Erstarrungsmodell ermittelten Erstarrungsgrenze zwischen der erstarrten Hülle und dem flüssigen Kern von dem vorgegebenen Soll-Erstarrungsgrenze zwischen der erstarrten Hülle und dem flüssigen Kern kleiner ist als ein vorgegebener Toleranzwert.

10

In weiterhin vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung wird zur Bestimmung der notwendigen Kühlung des Stranges in Abhängigkeit von der vorgegebenen Soll-Erstarrungsgrenze zwischen der erstarrten Hülle und dem flüssigen Kern zumindest eine
15 weitere Größe der Größen Stranggeschwindigkeit, Stranggeometrie, Strangschalendicke, Kokillenlänge, Zeit, Strangmaterial, Kühlmitteldruck bzw. -volumen, Tröpfchengröße des Kühlmittels und Kühlmitteltemperatur verwendet.

20

In weiterhin vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung werden zur Bestimmung der notwendigen Kühlung des Stranges in Abhängigkeit der Erstarrungsgrenze zwischen der erstarrten Hülle und dem flüssigen Kern die Größen Stranggeometrie, Strangschalendicke, Zeit, Strangmaterial, Kühlmitteldruck bzw. -volumen und Kühlmitteltemperatur verwendet. Die Verwendung dieser Größen ist besonders geeignet, eine besonders präzise Kühlung des Stranges zu erzielen.

30

In weiterhin vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung wird jeder Reduktionseinrichtung eine Soll-Erstarrungsgrenze zwischen der erstarrten Hülle und dem flüssigen Kern des Stranges zugeordnet.

35

In weiterhin vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung wird im Temperatur- und Erstarrungsmodell die Wirkung der Dickenreduktion durch das Reduktionsgerüst, insbesondere die Lage

der Grenze zwischen erstarrter Hülle und flüssigem Kern mit modelliert.

5 In weiterhin vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung erfolgt die Modellierung der Dickenreduktion durch das Reduktionsgerüst durch zumindest eine der Größen Reduktionskraft und Reduktionsgrad.

10 In weiterhin vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung wird zumindest eine der Größen Reduktionskraft und Reduktionsgrad im Reduktionsgerüst gemessen und zur Adaption des Temperatur- und Erstarrungsmodells verwendet.

15 In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung werden die Größen Reduktionskraft und Reduktionsgrad im Reduktionsgerüst gemessen und zur Adaption des Temperatur- und Erstarrungsmodells verwendet.

20 Weitere Vorteile und erfinderische Einzelheiten ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels, anhand der Zeichnungen und in Verbindung mit den Unteransprüchen. Im einzelnen zeigen:

FIG 1 eine Stranggießanlage,

FIG 2 ein Ablaufdiagramm zur iterativen Bestimmung einer Soll-Kühlung des Stranges mittels eines Temperatur- und Erstarrungsmodells,

FIG 3 ein Ablaufdiagramm zur iterativen Bestimmung eines Adaptionskoeffizienten.

30

FIG 1 zeigt eine Stranggießanlage. Dabei bezeichnet Bezugszeichen 1 den gegossenen Strang, der eine erstarrte Hülle 21 innerhalb einer Erstarrungsgrenze 22 und einen flüssigen Kern 2 aufweist. Der Strang wird mit Antriebs- bzw. Führungsrollen 4 bewegt und auf seinem Weg durch Kühleinrichtungen 5 gekühlt. Diese sind vorteilhafterweise als Wassersprüheinrichtungen ausgebildet. Aus Gründen der Übersichtlichkeit

35

sind nicht alle Antriebs- bzw. Führungsrollen 4 und Kühleinrichtungen 5 mit Bezugszeichen versehen. Bei bekannten Verfahren sind die Kühleinrichtungen 5 in Kühlsegmente aufgeteilt. Diese Aufteilung ist beim neuen und erfinderischen Verfahren nicht notwendig, kann aber berücksichtigt werden. Sowohl die Antriebsrollen 4 als auch die Kühleinrichtungen 5 sind datentechnisch mit einer Recheneinrichtung verbunden. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel sind beide datentechnisch mit ein und demselben Automatisierungsgerät 7 verbunden. Das Automatisierungsgerät 7 weist optional außerdem ein nicht dargestelltes Terminal und eine nicht dargestellte Tastatur auf. Außerdem ist das Automatisierungsgerät 7 mit einem übergeordneten Rechensystem 8 verbunden. Das zum Stranggießen notwendige Material, in diesem Fall flüssiger Stahl, wird über eine Zuführvorrichtung 20 zugeführt. Die Stellgrößen für die Kühleinrichtungen 5 werden mittels eines Temperatur- und Erstarrungsmodells, d.h. eines thermischen Modells des Stranges berechnet, das in der beispielhaften Ausgestaltung auf dem übergeordneten Rechensystem 8 implementiert ist.

Bezugszeichen 9, 10 und 11 bezeichnen der Kühleinrichtung 5 zugeordnete Reduktionsgerüste. Diese sind in vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung datentechnisch mit der speicherprogrammierbaren Steuerung 7 verbunden, wobei an die Automatisierungsgerät 7 die Walzkraft und der Reduktionsgrad, z.B. in Form des Walzspaltes, übertragen werden. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel sind drei Reduktionsgerüste 9, 10 und 11 vorgesehen. Im in FIG 1 dargestellten Ausführungsbeispiel ist vorgesehen, daß nur in den Reduktionsgerüsten 9 und 10 eine sogenannte Soft-Reduction durchgeführt wird. Bei der sogenannten Soft-Reduction ist der zu reduzierende Strang nicht durcherstarrt, sondern weist einen flüssigen Kern 2 und eine erstarrte Hülle 21 auf, wenn er in ein Reduktionsgerüst einläuft. Im Ausführungsbeispiel gemäß FIG 1 ist für den Strang 1 lediglich eine Soft-Reduction in den Reduktionsgerüsten 9 und 10 vorgesehen. Die Kühlung mit den Kühleinrichtungen 5 wird mittels des Automatisierungsgeräts 7 derart eingestellt,

daß die Erstarrungsgrenze 22 zwischen der erstarrten Hülle 21 und dem flüssigen Kern 2 des Stranges 1 bei Einlauf in die Reduktionsgerüste 9 und 10 einer gewünschten Soll-Erstarrungsgrenze zwischen dem flüssigen Kern 2 und der erstarrten Hülle 21 entspricht.

Das Reduktionsgerüst 9 ist in besonders vorteilhafter Weise innerhalb der Kühlstrecke angeordnet, d.h. es sind vor und hinter dem Reduktionsgerüst 9 Kühleinrichtungen 5 vorgesehen. Es kann in weiterhin vorteilhafter Weise vorgesehen werden, auch hinter dem zweiten Reduktionsgerüst 10 Kühleinrichtungen vorzusehen. Die Kühleinrichtung 9 ist vorteilhafterweise nicht in der Biegung des Stranges 1 angeordnet, wie dies aus Gründen der Übersichtlichkeit in FIG 1 angedeutet ist, sondern vor der Biegung des Stranges oder hinter der Biegung des Stranges 1 angeordnet.

FIG 2 zeigt dabei ein Ablaufdiagramm zur iterativen Bestimmung eines Sollwertes k_0 für die Kühlung des Stranges mittels eines Temperatur- und Erstarrungsmodells 13, wobei das Temperatur- und Erstarrungsmodell 13 und die übrigen dargestellten iterativen Abläufe auf dem übergeordneten Rechensystem 8 implementiert sind. Dazu wird im Temperatur- und Erstarrungsmodell 13 aus einer gegebenen Kühlung des Stranges k_1 mittels des Temperatur- und Erstarrungsmodells 13 die Erstarrungsgrenzen e_1 im Strang ermittelt. Diese Erstarrungsgrenze e_1 wird in einem Vergleicher 14 mit der Soll-Erstarrungsgrenze e_0 im Strang verglichen. Im Vergleicher 14 erfolgt die Abfrage, ob $|e_1 - e_0| \leq \Delta e_{\max}$, wobei Δe_{\max} ein vorgegebener Toleranzwert ist. Ist der Betrag der Differenz von e_1 und e_0 zu groß, so ermittelt der Funktionsblock 12 einen neuen Vorschlag k_1 für eine verbesserte Kühlung des Stranges. Als Anfangswert für die Iteration wird ein Wert für die Kühlung verwendet, der sich im langzeitlichen Durchschnitt als bewährter Erfahrungswert erwiesen hat. Ist der Betrag der Differenz von e_1 und e_0 kleiner oder gleich dem Toleranzwert Δe_{\max} , so wird mit einer Sollkühlungsfestsetzung 15 der Sollwert k_0 für die Küh-

lung des Stranges gleich dem Wert k_i gesetzt. Die Werte e_i , e_0 , Δe_{\max} , k_i , k_0 sind nicht unbedingt Skalare, sondern Spaltenmatrizen mit ein oder mehr Werten. So enthält z. B. die Spaltenmatrix k_0 die verschiedenen Stell- bzw. Führungsgrößen für die Kühleinrichtungen 5 der einzelnen Kühlsegmente 6 einer Strangkühlanlage oder die Spaltenmatrix e_0 , die Soll-Erstarrungsgrenzen an verschiedenen Stellen des Stranges. In vorteilhafter Ausgestaltung erfolgt der in FIG 2 dargestellte Iterationskreislauf auf der Basis genetischer Algorithmen. Dies bietet sich insbesondere dann an, wenn k_i bzw. k_0 Spaltenmatrizen mit vielen Elementen sind.

Das Temperatur- und Erstarrungsmodell 13 kann sowohl als eindimensionales Modell als auch als zweidimensionales Modell implementiert werden. Basis des Temperatur- und Erstarrungsmodells stellt, hier für den zweidimensionalen Fall darstellt, die Wärmeleitungs-Gleichung

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) \quad (1)$$

20

dar, die für das Temperatur- und Erstarrungsmodell 13 in Differenzform, d.h. in der Form

$$\Delta_t T = a \Delta T \left(\frac{1}{\Delta x^2} \Delta_x^2 T + \frac{1}{\Delta y^2} \Delta_y^2 T \right) \quad (2)$$

25 verwendet wird. Dabei ist T die Temperatur, t die Zeit und a die Temperaturleitfähigkeit. x und y sind die zweidimensionalen Raumkoordinaten.

Der Querschnitt der Stranghaut wird in kleine Rechtecke der Größe Δx mal Δy unterteilt und die Temperatur wird in kleinen Zeitschritten Δt berechnet. Als Ausgangspunkt für die Temperaturverteilung wird angenommen, daß die Temperatur beim Eintritt in die Kokille (in allen Rechtecken) die Verteilertemperatur des Stahls besitzt.

35

Der an der Strangoberfläche abzuführende Wärmestrom Q berechnet sich aus der Oberflächentemperatur T_0 des Strangs, der Umgebungstemperatur T_U , der Oberfläche A und dem Wärmeübergangskoeffizienten α mit $Q = \alpha (T_U - T_0) A$.

5

Für die Kühlung in der Kokille wird α als konstant angenommen und T_U der Temperatur des Kühlwassers in der Kokille gleichgesetzt. Für die Kühlung durch die Kühleinrichtungen 5 wird T_U der Temperatur des Kühlmittels gleichgesetzt und α wird beispielsweise gemäß

10

$$\alpha = \left(200 + 1.82 V \frac{\text{m}^2 \text{ min}}{1} \right) \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}} \quad (3)$$

berechnet, wobei V das Kühlmittelvolumen in $\frac{1}{\text{m}^2 \text{ min}}$ ist. Da-

15 bei kann V für jeden Punkt an der Strangoberfläche unterschiedlich angegeben werden, wodurch mit dem Modell auch Düsencharakteristika beschrieben werden können.

Aus dem Verlauf der Temperaturverteilung im Strang berechnet das Modell auch den Verlauf der Erstarrungsgrenze.

Die einzelnen Modellparameter sind u.a.:

- Kokillenlänge
- 25 ◦ Stranggeometrie (Höhe und Breite)
- Stranggeschwindigkeit
- Wärmeübergangskoeffizient α in der Kokille
- Kühlmitteltemperatur in der Kokille
- Schmelztemperatur
- 30 ◦ Erstarrungsenthalpie

- Wärmeleitkoeffizient λ
 - Spezifische Wärmekapazität c
 - Dichte ρ
 - Länge jeder Kühlzone
- 5 • Kühlmittelvolumen V in jeder Kühlzone
- Strangmaterial

Die Temperatur- und Materialabhängigkeit von λ , c , Enthalpie und ρ wird im Modell berücksichtigt.

FIG 3 zeigt ein Ablaufdiagramm zur iterativen Bestimmung eines Adaptionkoeffizienten d_0 zur Adaption des Wärmeübergangskoeffizienten α mittels eines Temperatur- und Erstarrungsmodells 13, wobei der adaptierte Wärmeübergangskoeffizient α_a durch

$$\alpha_a = d_0 * \alpha$$

aus dem Wärmeübergangskoeffizienten α ermittelt wird. Dazu wird im Temperatur- und Erstarrungsmodell 13 aus einer gegebenen Kühlung des Stranges mittels des Temperatur- und Erstarrungsmodells 13 die Erstarrungsgrenzen e_i im Strang ermittelt. Diese Erstarrungsgrenze e_i wird in einem Vergleich 17 mit den auftretenden Anstellungswegen $\Delta W_{j,y,u}$ (unten) und $\Delta W_{j,y,o}$ (oben) in den Reduktionsgerüsten sowie den Walzkräften $F_{j,u}$ (unten) und $F_{j,o}$ (oben) in den Reduktionsgerüsten verglichen. Falls die für eine Geometrieveränderung typischen Werte der Anstellungswege unterschritten und/oder die für eine Geometrieveränderung typischen Werte der Walzkräfte überschritten werden, ermittelt der Funktionsblock 16 einen neuen Vorschlag für einen verbesserten Adaptionfaktor d_1 . Dadurch wird die Erstarrungsgrenze solange verschoben, bis die entsprechenden Grenzwerte über- bzw. unterschritten werden. Als Anfangswert für die Iteration wird ein Wert $d_0 = 1$ verwendet. Der Abschluß der Iteration wird durch den Funktionsblock 18 $d_0 = d_1$ gesetzt. Anschließend wird in Gleichung 3 der Wärme-

übergangskoeffizient α durch den adaptierten Wärmeübergangskoeffizienten α_a ersetzt.

5 Es ist besonders vorteilhaft, eine Vorsteuerung der Kühleintrichtung vorzusehen, wobei die Vorstrahlenabhängigkeit von bekannten Zeitpunkten der Änderungen von Anlagenwerten wie z.B. der Gießgeschwindigkeit und/oder des Strangmaterials erfolgt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines Stranges (1) aus Metall
mittels einer Stranggießanlage, die zumindest eine Kühlein-
richtung (5) zur Kühlung des Stranges (1) aufweist, wobei der
Kühleinrichtung (5) zumindest ein Reduktionsgerüst (9,10,11)
zur Dickenreduktion des Stranges (1) zugeordnet ist, wobei
der Strang (1) bei der Dickenreduktion eine erstarrte Hülle
(21) und einen flüssigen Kern (2) aufweist,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Kühlung mittels eines Temperatur- und Erstarrungs-
modells (13) derart eingestellt wird, daß die Erstarrungsgrenze
(22) zwischen der erstarrten Hülle (21) und dem flüssigen
Kern (2) bei Einlauf des Stranges (1) in das Reduktionsgerüst
(9,10,11) einer vorgegebenen Soll-Erstarrungsgrenze zwischen
der erstarrten Hülle (21) und dem flüssigen Kern (2) ent-
spricht.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,
daß mit dem Temperatur- und Erstarrungsmodell (13) die Er-
starrungsgrenze (22) zwischen der erstarrten Hülle (21) und
dem flüssigen Kern (2) in Abhängigkeit von der Kühlung des
Stranges (1), insbesondere in Echtzeit und ständig, ermittelt
wird und daß die notwendige Kühlung des Stranges (1) auf ite-
rative Weise in Abhängigkeit der vorgegebenen Soll-
Erstarrungsgrenze (e_0) zwischen der erstarrten Hülle (21) und
dem flüssigen Kern (2) bestimmt wird, wobei so oft iteriert
wird, bis die Abweichung der mit dem Temperatur- und Erstar-
rungsmodell (13) ermittelten Erstarrungsgrenze (e_i) zwischen
der erstarrten Hülle (21) und dem flüssigen Kern (2) von der
vorgegebenen Soll-Erstarrungsgrenze (e_i) zwischen der er-
starrten Hülle (21) und dem flüssigen Kern (2) kleiner ist
als ein vorgegebener Toleranzwert.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet,

daß zur Bestimmung der notwendigen Kühlung des Stranges (1) in Abhängigkeit von der vorgegebenen Soll-Erstarrungsgrenze zwischen der erstarrten Hülle (21) und dem flüssigen Kern (2) zumindest eine weitere Größe der Größen Stranggeschwindigkeit, Stranggeometrie, Strangschalendicke, Kokillenlänge, Zeit, Strangmaterial, Kühlmitteldruck bzw. -volumen, Tröpfchengröße des Kühlmittels und Kühlmitteltemperatur verwendet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bestimmung der notwendigen Kühlung des Stranges (1) in Abhängigkeit der Erstarrungsgrenze (22) zwischen der erstarrten Hülle (21) und dem flüssigen Kern (2) auch die Größen Stranggeometrie, Strangschalendicke, Zeit, Strangmaterial, Kühlmitteldruck bzw. -volumen und Kühlmitteltemperatur verwendet werden.

5. Verfahren nach Anspruch 1, 2, 3 oder 4, wobei der Kühleintrichtung (5) zumindest zwei Reduktionsgerüsten (9,10,11) nachgeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest zwei Reduktionsgerüsten (9,10,11) eine Soll-Erstarrungsgrenze zwischen der erstarrten Hülle (21) und dem flüssigen Kern (2) des Stranges (1) bei Einlauf in das jeweilige Reduktionsgerüst (9,10,11) zugeordnet wird.

6. Verfahren nach Anspruch 1, 2, 3, 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß im Temperatur- und Erstarrungsmodell (13) die Wirkung der Dickenreduktion durch das Reduktionsgerüst (9,10,11), insbesondere die Lage der Erstarrungsgrenze (22) zwischen erstarrter Hülle (21) und flüssigem Kern (2), mit berücksichtigt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet,

daß die Modellierung der Dickenreduktion durch das Reduktionsgerüst (9,10,11) durch zumindest eine der Größen Reduktionskraft und Dickenreduktionsgrad erfolgt.

- 5 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
daß zumindest eine der Größen Reduktionskraft und Reduktions-
grad im Reduktionsgerüst (9,10,11) gemessen und zur Adaption
des Temperatur- und Erstarrungsmodells (13) verwendet wird.

10

9. Verfahren nach Anspruch 8,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
daß die Größen Reduktionskraft und Reduktionsgrad im Redukti-
onsgerüst (9,10,11) gemessen und zur Adaption des Temperatur-
15 und Erstarrungsmodells (13) verwendet werden.

20

10. Stranggießanlage zum Herstellen eines Stranges (1), ins-
besondere nach einem Verfahren gemäß einem der vorhergehenden
Ansprüche, wobei die Stranggießanlage zumindest eine Kühlein-
richtung (5) zur Kühlung des Stranges (1) und zumindest ein
zugeordnetes Reduktionsgerüst (9,10,11) zur Dickenreduktion
des Stranges (1) sowie eine Recheneinrichtung zur Steuerung
der Kühlung des Stranges mittels der Kühleinrichtung (5) auf-
weist,

30

- d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
daß auf der Recheneinrichtung ein Temperatur- und Erstar-
rungsmodell (13) zur derartigen Einstellung der Erstarrungs-
grenze (22) zwischen einer erstarrten Hülle (21) und einem
flüssigen Kern (2) des Stranges (1) bei Einlauf des Stranges
(1) in das Reduktionsgerüst (9,10,11) implementiert ist, daß
die Erstarrungsgrenze (22) einer vorgegebenen Soll-
Erstarrungsgrenze zwischen der erstarrten Hülle (21) und dem
flüssigen Kern (2) entspricht.

Zusammenfassung

Verfahren und Einrichtung zum Herstellen eines Stranges aus Metall

5

Verfahren und Einrichtung zum Herstellen eines Stranges aus Metall mittels einer Stranggießanlage, die zumindest eine Kühleinrichtung zur Kühlung des Stranges aufweist, wobei der Kühleinrichtung zumindest ein Reduktionsgerüst zur Dickenre-

10 duktion des Stranges zugeordnet ist, wobei der Strang bei der Dickenreduktion eine erstarrte Hülle und einen flüssigen Kern ausweist. Dabei wird die Kühlung mittels eines Temperatur- und Erstarrungsmodells derart eingestellt, daß die Erstarrungsgrenze zwischen der erstarrten Hülle und dem flüssigen

15 Kern bei Einlauf des Stranges in das Reduktionsgerüst einer vorgegebenen Soll-Erstarrungsgrenze zwischen der erstarrten Hülle und dem flüssigen Kern entspricht

FIG 1

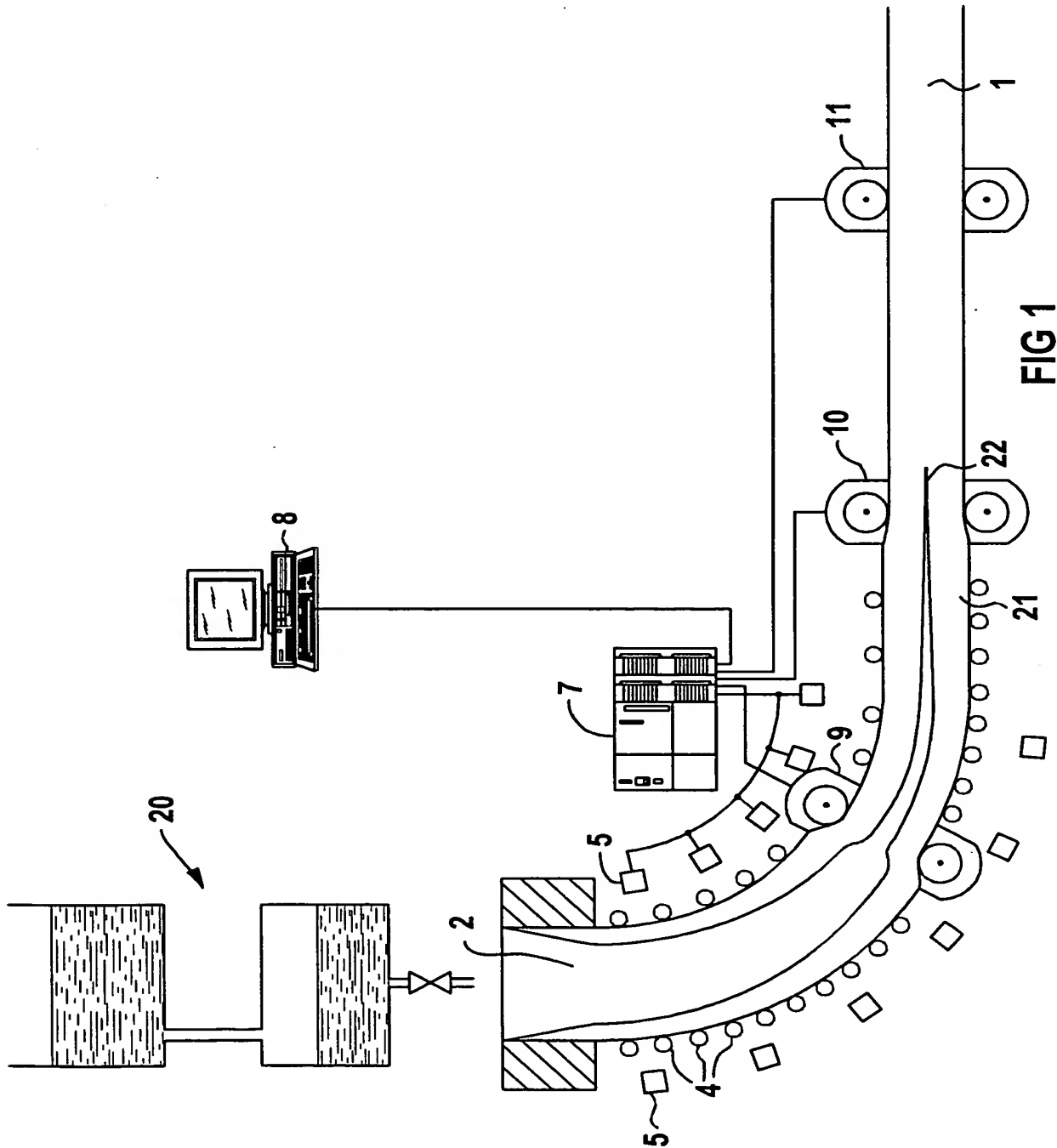


FIG 1

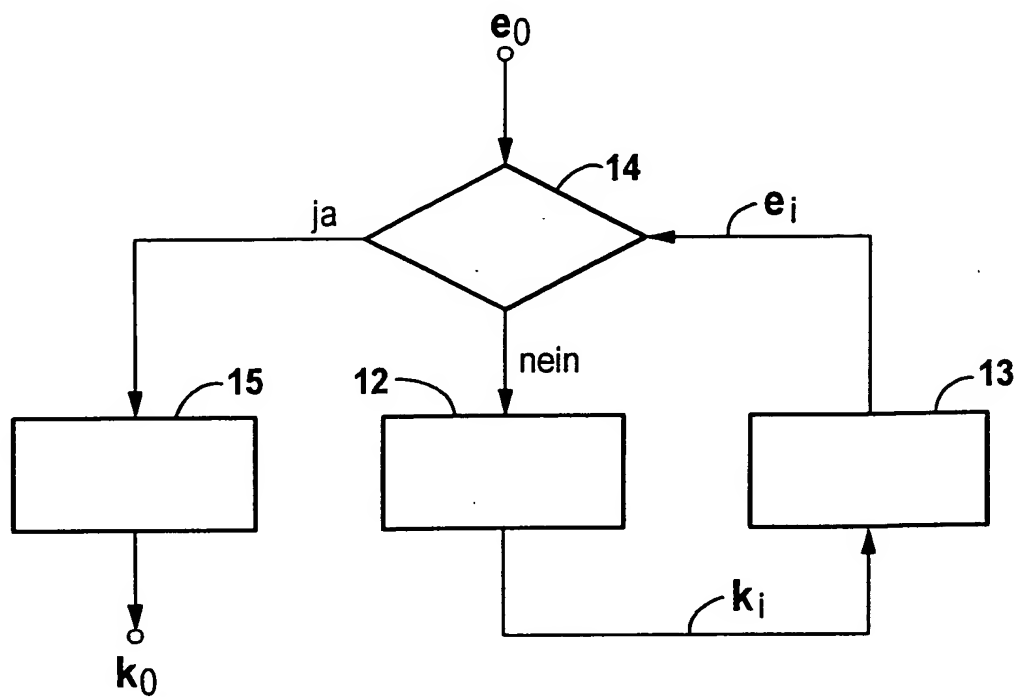


FIG 2

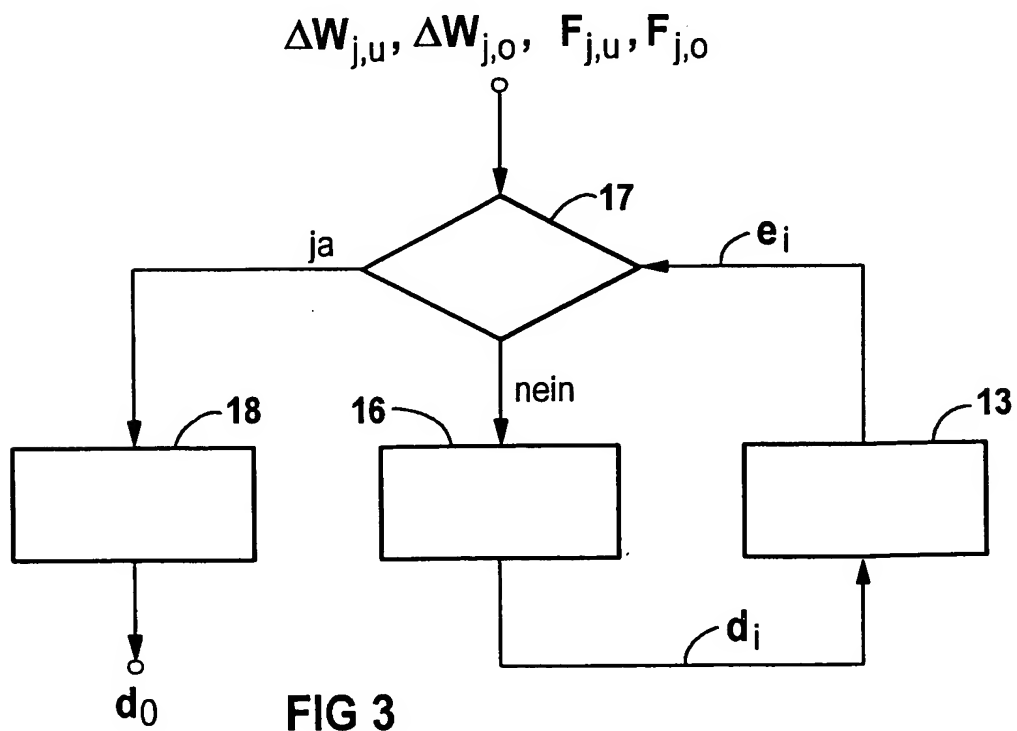


FIG 3



4-1-1